昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*, January 2012, 55(1): 77 – 83 ISSN 0454-6296

南瓜寄主上扶桑绵粉蚧不同温度下的发育历期和实验种群生命表

王莹莹[1], 徐志宏[1,*], 张莉丽[2], 沈励泽[1], 傅思丽[1]
(1. 浙江农林大学农业与食品科学学院植物保护系, 浙江临安 311300; 2. 杭州市农业局, 杭州 310016)

摘要: 为了探明温度对扶桑绵粉蚧 *Phenacoccus solenopsis* Tinsley 发育的影响, 本研究在光周期 14L:10D, 相对湿度 75%±1% 及不同温度(18, 20, 24, 26, 28 和 30℃)的实验室条件下, 测定了以南瓜为寄主的扶桑绵粉蚧各虫态的发育历期和存活率, 组建了扶桑绵粉蚧的实验种群生命表。结果表明: 在 18 ~ 30℃温度范围内, 随着温度的升高扶桑绵粉蚧的发育速率加快, 且其温度与发育速率的关系符合 Logistic 模型。在 18 ~ 30℃恒温条件下, 扶桑绵粉蚧的雌虫世代发育历期为 40.24 ~ 80.64 d, 雄虫世代发育历期为 25.21 ~ 54.31 d; 雌虫世代的发育起点温度为 7.39℃, 有效积温为 889.89 日 · 度; 雄虫世代的发育起点温度为 8.58℃, 有效积温为 523.47 日 · 度。在 26℃时, 扶桑绵粉蚧的世代存活率最高(77.03%), 种群趋势指数也最高(22.98), 有利于种群增长; 而在 18℃和 30℃, 扶桑绵粉蚧的种群趋势指数分别为 2.99 和 9.80。扶桑绵粉蚧有较强的种群发展能力, 但高温和低温都不利于其种群增长。扶桑绵粉蚧发育历期和实验种群表的研究为其控制措施的制定提供了科学依据。

关键词: 扶桑绵粉蚧; 发育起点温度; 有效积温; 生命表; 种群趋势指数
中图分类号: Q968 **文献标识码**: A **文章编号**: 0454-6296(2012)01-0077-07

Developmental duration and life table of the laboratory population of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) fed on pumpkin at different temperatures

WANG Ying-Ying[1], XU Zhi-Hong[1,*], ZHANG Li-Li[2], SHEN Li-Ze[1], FU Si-Li[1] (1. Department of Plant Protection, School of Agricultural and Food Science, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Lin'an, Zhejiang 311300, China; 2. Agriculture Bureau of Hangzhou City, Hangzhou 310016, China)

Abstract: In order to explore the effects of temperature on the population growth of the *Phenacoccus solenopsis* Tinsley fed on pumpkin, the developmental duration and survivorship were investigated under the temperatures of 18, 20, 24, 26, 28 and 30℃, and the life table of the laboratory population of *Ph. solenopsis* was constructed. The results showed that the developmental rate of *Ph. solenopsis* increased with the temperature increasing from 18℃ to 30℃, and the relationship between the developmental rate and temperature could be fitted well with the Logistic model. Within the temperature range of 18 – 30℃, the generation time of females and males was 40.24 – 80.64 d and 25.21 – 54.31 d, respectively. The developmental threshold temperature and effective accumulated temperature of females were 7.39℃ and 889.89 day · degree, respectively, and those of the males were 8.58℃ and 523.47 day · degree, respectively. At 26℃, the survival rate and population trend index reached the highest, being 77.03% and 22.98, respectively, suggesting that 26℃ is suitable for the population growth. While the population trend indices at 18℃ and 30℃ were 2.99 and 9.80, respectively, suggesting that the population development ability of *Ph. solenopsis* is strong, but high and low temperatures are not suitable for the population growth of the *Ph. solenopsis*. This study on developmental duration and life table of the laboratory population of *Ph. solenopsis* provides scientific basis for its control.

Key words: *Phenacoccus solenopsis*; developmental threshold temperature; effective accumulated temperature; life table; population trend index

基金项目: 杭州市科技项目(20110533B21); 国家科技部科技基础性工作专项(2006FY111000)
作者简介: 王莹莹, 女, 1987 年生, 广西宜州人, 硕士研究生, 主要从事昆虫生物学和生态学研究, E-mail: wangyingying4444@163.com
* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: zhhxu@zju.edu.cn
收稿日期 Received: 2011-08-18; 接受日期 Accepted: 2011-12-23

扶桑绵粉蚧 *Phenacoccus solenopsis* Tinsley 隶属半翅目(Hemiptera)，蚧总科(Coccoidea)，粉蚧科(Pseudococcidae)，绵粉蚧亚科(Phenacoccinae)，绵粉蚧属 *Phenacoccus* (Tinsley, 1898; Cockerell, 1902)，是我国的一种外来入侵新害虫。该虫是一种多食性昆虫，不仅危害棉花，还危害其他观赏植物。寄主范围很广，在巴基斯坦有 18 科 55 种(Hodgson, 2008)。主要寄主植物有棉花 *Gossypium hirsutum*、扶桑 *Hibiscus rosa-sinensis*、灰毛滨藜 *Atriplex canescens* 等。扶桑绵粉蚧最早发现于美国新墨西哥州一公园 *Boerhavia spicata* 和 *Kallstroemia brachystylis* 植物根部的热带火蚁 *Solenopsis geminata* 巢中(Tinsley, 1898; Cockerell, 1902)，后陆续发现于美国的亚利桑那州、加利福尼亚州、哥伦比亚等 12 个州(特区)(Koaztarab, 1996)，及北美的墨西哥和南美的古巴、阿根廷和巴西等国(Williams *et al.*, 1992; Williams, 2004)。2005 年传到南亚的巴基斯坦，后又在印度、泰国、澳洲的新喀里多尼亚、西非的尼日利亚、贝宁、喀麦隆和我国台湾发现(Hodgson, 2008)。2008 年 8 月，在我国广州市市区街道扶桑上首次发现扶桑绵粉蚧(马骏等，2009；武三安和张润志，2009)。徐卫等(2009)报道了在海南省发现该虫。周湾等(2010)报道了 2009 年 9－11 月浙江省对扶桑绵粉蚧进行了全面调查。调查结果表明：该虫在浙江省的杭州下沙区、余杭区，金华的武义县，丽水的云和县均有分布。在玉米、甘薯、南瓜、枸杞、太阳花、胭脂花、刺儿菜、小飞蓬等 19 科 29 种农作物、花卉和杂草上均发现扶桑绵粉蚧的危害。该虫目前已被列入《中华人民共和国进境植物检疫性有害生物名录》。

王艳平等(2009)采用 GARP 生态位模型综合评价扶桑绵粉蚧在中国的危险性。危险性综合评价值为 0.886，在中国的危害风险性很大。且扶桑绵粉蚧的过冷却点低，耐寒性较强，可能适宜在中国北部更广泛区域生存(关鑫等，2009)。另外，陈华燕等(2010)记述了扶桑绵粉蚧寄生蜂一中国新记录种：班氏跳小蜂 *Aenasius bambawalei* Hayat 2009，并提供了种的形态特征描述和特征图，为扶桑绵粉蚧的生物防治提供了一种可行的途径。在印度，Fand 等(2010)在 27 ± 2℃ 观察了以发芽的土豆块茎为寄主的扶桑绵粉蚧的发育历期，同时组建了扶桑绵粉蚧的年龄特定种群生命表。结果发现扶桑绵粉蚧 1 龄若虫的死亡率很高，达到 29%；若虫期总的死亡率达到 51%。27 ± 2℃ 时以土豆为寄主的扶桑绵粉蚧的世代发育历期为 27.25 ± 0.5 d。在我国，黄芳等(2011)在恒温 27℃ 下研究了棉花、番茄和茄子 3 种寄主植物对扶桑绵粉蚧生长发育和繁殖的影响并分析了实验种群生命表参数。结果表明，在 3 种寄主植物上扶桑绵粉蚧的存活率为棉花 > 茄子 > 番茄；产卵能力为棉花 > 茄子 > 番茄；净增值率(R_0)及种群趋势指数(I)差异较大，为棉花 > 茄子 > 番茄。

关于扶桑绵粉蚧的已有研究多集中于形态学、危险性评估、防治技术等方面，有关其生物学特性和生态学特性的系统研究比较少，且以南瓜为寄主的扶桑绵粉蚧的生命表尚未见报道。为此，本研究在实验室恒温条件下以南瓜为寄主对扶桑绵粉蚧的发育起点温度和有效积温进行测定，同时建立扶桑绵粉蚧的实验种群生命表，为更深入了解扶桑绵粉蚧暴发的生态学机制及其综合治理提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 供试虫源

扶桑绵粉蚧各龄雌若虫和雌成虫均采自浙江省杭州市郊区芝麻植株上，用完整南瓜 *Cucurbita moschata* 果实进行饲养，置于实验室 FPQ-300C-20D 型人工气候箱(宁波莱福科技有限公司)。饲养设置温度为 26 ± 1℃，相对湿度为 75% ± 1%，光周期 14L∶10D，让其发育、继代繁殖 10 代，建立种群，供实验使用。

1.2 实验方法

本实验在人工气候箱内进行，设置 18，20，24，26，28 和 30℃ 共 6 个温度处理，光周期 14L∶10D，相对湿度均为 75% ± 1%。

在扶桑绵粉蚧产卵盛期，挑取大小一致、发育良好的初孵若虫，接于新鲜干净的整个南瓜果实上，每个温度处理 50 头若虫，设置 3 次重复。每天定时观察不同温度处理下扶桑绵粉蚧 1 龄若虫、2 龄雌虫、3 龄雌虫、2 龄雄若虫、雄蛹、产卵前期、雌虫世代及雄虫世代各个发育阶段的发育情况，同时记录各虫态的蜕皮次数、发育历期和各龄期的死亡数(雄虫化蛹前不能飞行，它们会在南瓜和实验容器之间寻找隐蔽处并固定，可以准确记录其数量)。

1.3 发育阶段和龄期的确定

实验观察时参照朱艺勇等(2011)所描述的特征判断虫龄：1 龄若虫初孵时雌雄体均呈淡黄绿色，体表平滑，体长约 0.43 ± 0.03 mm，宽 0.19 ±

0.01 mm。2 龄若虫体长约 0.80 ±0.09 mm，宽 0.38 ±0.04 mm；体背亚中区可见条状斑纹。到了 2 龄末期可明显区分雌虫和雄虫，雄虫体呈表蜡粉层比雌虫厚，几乎看到体背黑斑。雌虫 3 龄时体长约 1.32 ±0.08 mm，宽 0.63 ±0.05 mm。雌成虫体长 2.77 ±0.28 mm，宽 1.30 ±0.14 mm；体背黑色条斑明显。雌虫产卵前体长可达 3.50 ±0.32 mm，宽 1.84 ±0.14 mm。

雄虫在成虫之前有一个相当于"蛹"的阶段。一般在 2 龄末期停止取食，分泌蜡丝，进入蛹期。蛹期虫体被蜡丝包裹，剥去丝茧可见虫体呈浅棕褐色，体长约 1.41 ±0.02 mm，宽 0.58 ±0.06 mm。雄成虫羽化后可见虫体具有一对翅；体呈黑褐色，体长约 1.24 ±0.09 mm，宽 0.30 ±0.03 mm。

1.4　数据处理与分析

根据在不同温度(18，20，24，26，28 和 30℃)条件下扶桑绵粉蚧各虫态的发育历期数据，采用最小二乘法进行计算扶桑绵粉蚧各虫态的发育起点温度和有效积温(李典谟和王莽莽，1986；何玉仙等，2005；杨振德等，2006)；同时用 Marquardt 法(冯康，1978)拟合扶桑绵粉蚧各个发育阶段的发育速率与温度的关系。

根据不同温度下各虫态的存活数量和死亡数量，并计算死亡率，参照门兴元等(2008)的方法组建生命表。种群趋势指数(I)按张孝羲(2002)的方法进行计算。

本实验所有数据在计算机上用 EXCEL 及 DPS 软件(唐启义和冯明光，2007)进行统计与分析。

2　结果与分析

2.1　不同温度下扶桑绵粉蚧各虫态的发育历期

扶桑绵粉蚧各虫态在不同温度下的发育历期见表 1。结果表明，在不同温度下，扶桑绵粉蚧各虫态的发育历期有明显的不同。在 18 ~28℃范围内，随着温度的升高，发育历期缩短。18℃时各虫态的发育历期最长，1 龄若虫、2 龄雌若虫、3 龄雌若虫、2 龄雄若虫、雄蛹、产卵前期、雌虫世代及雄虫世代的发育历期分别为 16.89，16.13，21.14，18.28，16.14，26.48，80.64 和 54.31 d；28℃时各虫态的发育历期最短，1 龄若虫、2 龄雌若虫、3 龄雌若虫、2 龄雄若虫、雄蛹、产卵前期、雌虫世代及雄虫世代的发育历期分别为 8.31，8.22，10.18，7.26，7.63，13.52，40.24 和 25.21 d。而在 30℃时，各虫态发育历期相对 28℃有所延长，说明高温抑制了该虫的发育。

表 1　不同温度下扶桑绵粉蚧各虫态的发育历期(d)

Table 1　Developmental duration (d) of *Phenacoccus solenopsis* at different temperatures

温度(℃) Temperature	1 龄若虫 1st instar nymph	2 龄若虫 2nd instar nymph，♀	3 龄若虫 3rd instar nymph，♀	2 龄若虫 2nd instar nymph，♂
18	16.89 ±0.51 Aa	16.13 ±0.28 Aa	21.14 ±0.23 Aa	18.28 ±0.24 Aa
20	14.19 ±0.38 Bb	14.07 ±0.17 Bb	19.04 ±0.38 Bb	15.39 ±0.29 Bb
24	10.67 ±0.52 Cc	11.69 ±0.19 Cc	12.07 ±0.26 Cc	9.19 ±0.24 Cc
26	9.60 ±0.42 Ccd	9.20 ±0.22 Dd	11.38 ±0.24 CDcd	8.39 ±0.17 CDcd
28	8.31 ±0.39 Cd	8.22 ±0.32 Dd	10.18 ±0.22 Dd	7.26 ±0.21 De
30	9.15 ±0.36 Ccd	8.96 ±0.16 Dd	11.76 ±0.26 CDc	7.97 ±0.19 CDde
温度(℃) Temperature	蛹期 Pupal duration	产卵前期 Preoviposition duration	雌虫世代 Generation time，♀	雄虫世代 Generation time，♂
18	16.14 ±0.17 Aa	26.48 ±0.36 Aa	80.64	54.31
20	14.15 ±0.16 Bb	23.96 ±0.43 Bb	71.25	46.73
24	10.07 ±0.12 Cc	18.64 ±0.28 Cc	53.06	31.93
26	9.27 ±0.21 CDd	15.49 ±0.33 Dd	45.66	29.26
28	7.63 ±0.18 Ee	13.52 ±0.21 Ee	40.24	25.21
30	8.96 ±0.14 Dd	15.21 ±0.26 DEd	45.08	28.08

表中数据为平均值 ±标准误(n =3)，同列数据后不同的大写和小写字母分别表示在 0.05 和 0.01 水平差异显著，采用 Tukey 氏多重比较。Data in the table are presented as mean ± *SE* (n =3), and those in the same column followed by different capital and small letters are significantly different at the 0.05 and 0.01 levels, respectively by Tukey's multiple range test.

根据表 1 的数据，将扶桑绵粉蚧在不同温度下的发育历期转换成发育速率后，采用 Logistic 曲线进行拟合，得到扶桑绵粉蚧发育速率与温度的关系模型(表 2)。

表 2 扶桑绵粉蚧发育速率与温度的关系模型

Table 2 Logistic model for analyzing the relationship between developmental rate (Y) of *Phenacoccus solenopsis* and temperature (t)

发育阶段 Developmental stage		预测模型 Logistic model	相关系数 R	F 值 F value	P 值 P value
若虫 Nymph	1 龄 1st instar	$Y = 0.123847/[1 + EXP(4.2783 - 0.230109t)]$	0.9523	29.93	0.0104
	2 龄 2nd instar, ♀	$Y = 0.138887/[1 + EXP(3.3478 - 0.170598t)]$	0.9159	16.34	0.0244
	3 龄 3rd instar, ♀	$Y = 0.094970/[1 + EXP(6.0045 - 0.323771t)]$	0.9291	17.28	0.0266
	2 龄 2nd instar, ♂	$Y = 0.139130/[1 + EXP(6.0355 - 0.303400t)]$	0.9651	41.48	0.0065
蛹 Pupa		$Y = 0.129073/[1 + EXP(4.5424 - 0.242481t)]$	0.9042	14.17	0.0296
产卵前期 Preoviposition		$Y = 0.079294/[1 + EXP(3.6337 - 0.191248t)]$	0.9110	15.36	0.0265
雌虫世代 Generation time, ♀		$Y = 0.025643/[1 + EXP(4.2038 - 0.224688t)]$	0.9318	20.48	0.0178
雄虫世代 Generation time, ♂		$Y = 0.040034/[1 + EXP(4.9559 - 0.260939t)]$	0.9503	28.71	0.0111

2.2 扶桑绵粉蚧的发育起点温度和有效积温

根据不同温度下扶桑绵粉蚧各虫态的发育历期数据，经计算得出各虫态的发育起点温度和有效积温见表 3。结果表明，扶桑绵粉蚧 1 龄若虫的发育起点温度为 6.91℃，有效积温为 187.63 日·度；2 龄雌若虫的发育起点温度为 7.29℃，有效积温为 182.41 日·度；3 龄雌若虫的发育起点温度为 9.00℃，有效积温为 202.74 日·度；2 龄雄若虫的发育起点温度为 11.11℃，有效积温为 129.92 日·度；雄蛹的发育起点温度为 8.39℃，有效积温为 164.25 日·度；雌虫产卵前期的发育起点温度为 7.25℃，有效积温为 303.71 日·度；雌虫世代的发育起点温度为 7.39℃，有效积温为 889.89 日·度；雄虫世代的发育起点温度为 8.58℃，有效积温为 523.47 日·度。

表 3 扶桑绵粉蚧各虫态的发育起点温度和有效积温

Table 3 Developmental threshold temperature and the effective accumulative temperature (EAT) for various developmental stages of *Phenacoccus solenopsis*

发育阶段 Developmental stage		发育起点温度 (℃) Developmental threshold temperature	有效积温 (日·度) EAT (degree-day)
若虫 Nymph	1 龄若虫 1st instar	6.91	187.63
	2 龄雌若虫 2nd instar, ♀	7.29	182.41
	3 龄雌若虫 3rd instar, ♀	9.00	202.74
	2 龄雄若虫 2nd instar, ♂	11.11	129.92
蛹 Pupa		8.39	164.25
产卵前期 Preoviposition		7.25	303.71
雌虫世代 Generation time, ♀		7.39	889.89
雄虫世代 Generation time, ♂		8.58	523.47

2.3 不同温度下扶桑绵粉蚧的实验种群生命表

根据不同温度下扶桑绵粉蚧各发育阶段的存活率和成虫繁殖力数据，组建了扶桑绵粉蚧的实验种群生命表见表 4。表中的起始初孵若虫数 100 为假定数，各发育阶段的存活数为各发育阶段虫数占原始初孵若虫数的百分数乘 100，性比假设为 1∶1。

就整个世代的存活而言，26℃时扶桑绵粉蚧的世代存活率最高，为 77.03%，其次是 24℃，为 75.56%。温度升高或者降低均不利于其种群繁殖。种群趋势指数(*I*)均大于1，说明扶桑绵粉蚧种群在 18～30℃温度范围内处于增长趋势。种群趋势指数从高到低为：26℃ ＞24℃ ＞28℃ ＞30℃ ＞20℃ ＞ 18℃。黄芳等(2011)报道扶桑绵粉蚧在棉花、茄子、番茄上的种群趋势指数(*I*)分别为 156.67，87.95和32.74。说明在不同的寄主植物上，扶桑绵粉蚧的种群趋势指数存在较大的差异。

表 4　不同温度下扶桑绵粉蚧实验种群生命表

Table 4　Life table of the laboratory population of *Phenacoccus solenopsis* at different temperatures

发育阶段 Developmental stage	进入各发育期虫数 Number of individuals entering various developmental stage					
	18℃	20℃	24℃	26℃	28℃	30℃
初孵若虫 Newly hatched nymph	100	100	100	100	100	100
2 龄若虫 2nd instar nymph	77.20	80.67	85.71	88.12	85.61	83.33
3 龄若虫 3rd instar nymph	68.46	76.92	80.72	83.15	79.20	76.24
成虫 Adult	58.82	62.86	75.56	77.03	73.02	70.13
雌成虫数(性比 1:1) Number of female adults (sex ratio 1:1)	29.41	31.43	37.78	38.51	36.51	35.06
每雌平均产虫数 Number of newly hatched nymphae produced per female	10.16	17.53	53.42	59.67	43.47	27.95
预计 2 代初孵若虫数 Total number of newly hatched nymphae of the next generation estimated	298.82	550.94	2 018.09	2 298.10	1 587.12	980.06
种群趋势指数 Population trend index (*I*)	2.99	5.51	20.18	22.98	15.87	9.80

3　讨论

本实验主要研究了扶桑绵粉蚧各虫态在不同温度下的发育历期、发育速率与温度的关系、发育起点温度、有效积温、实验种群生命表及种群趋势指数。

在 18℃～28℃范围内，扶桑绵粉蚧各虫态随着温度的升高，发育历期缩短。而在 30℃时有所延长。Aheer 等(2009)报道在巴基斯坦实验室条件下(25±2℃，RH 70%±5%)扶桑绵粉蚧在木槿上雄若虫和蛹的发育历期为 17.5～27 d，雄虫寿命(包含雄若虫期、蛹期、雄成虫期)为 19.5～30 d；雌若虫发育历期为 16.5～21 d，雌成虫存活期(包含产卵前期和产卵期)为 45～85 d，雌虫寿命(包含雌若虫期、产卵前期、产卵期)为 61.5～106 d。朱艺勇等(2011)报道实验室条件下(27±1℃，RH 70%±5%)扶桑绵粉蚧在棉花上雌虫若虫期 15～20 d，雌成虫期为 31.5～40.5 d，雌虫总寿命约为 47～59 d；雄虫若虫期和蛹期 17～22 d，雄虫总寿命约为 20～26 d。而黄玲等(2011)也以棉花为寄主观察了扶桑绵粉蚧雌虫各虫态的发育历期并测定了发育起点温度和有效积温，其结果表明，在 30℃时卵和若虫的生长发育均较快，雌若虫发育历期为 10.5±1.03 d，雌虫世代历期为 18.6±1.09 d；28℃时，雌若虫发育历期为 11.8±0.54 d，雌虫世代历期为 20.8±0.74 d；25℃时，雌若虫发育历期为 12.5±0.53 d，雌虫世代历期为 25±0.83 d。以上两项研究的结果存在很大差异，其原因有待进一步查证。本研究在 28℃时以南瓜为寄主扶桑绵粉蚧的各龄虫态的发育历期均最短，雌虫世代发育历期为40.24 d，雄虫世代发育历期为 25.21 d；26℃扶桑绵粉蚧雌虫若虫期为世代发育历期为 45.66 d，雄虫世代发育历期为 29.26 d。寄主植物的不同会造成扶桑绵粉蚧的发育历期有所差异，如扶桑绵粉蚧在棉花、茄子和番茄 3 种寄主植物上的发育历期均存在差异(黄芳等，2011)。通过以上的研究可知，不同的寄主植物可能对扶桑绵粉蚧的发育历期、产卵能力、种群增长等都有一定影响，至于具体的影响机制有待今后进一步的研究。

扶桑绵粉蚧雌成虫产卵量大，繁殖力强，世代重叠严重，兼营有性生殖和孤雌生殖。1－2 龄若

虫多聚集在寄主植物的幼嫩部位取食，3 龄后开始向老叶及茎部位取食（魏婷等，2010）。本实验种群生命表表明，24℃和26℃时扶桑绵粉蚧的种群趋势指数较大，有利于种群的增长。而在 18℃和 20℃时种群的增长受到了制约，种群趋势指数分别为26℃时的 13.01% 和 23.98%，说明低温不利于种群的增长。

许多研究表明，昆虫的发育速率与温度之间存在一种复杂的曲线关系。本研究中扶桑绵粉蚧各个发育阶段的发育速率与温度的关系可以用 Logistic 模型很好地模拟，但是并不能全面反映在其能存活的温度的整个温区内的发育率变化情况（吴坤君等，2009），因此开展进一步的深入研究仍是必要的。

本实验在室内恒温条件下进行，所设定的实验条件都相对稳定，而自然条件下的温度、湿度变化相对较大，使得扶桑绵粉蚧自然种群处于高、低温交替变化之中。因此实验种群生命表所反映的种群动态和自然种群尚存在一定的差异。影响种群动态的因子有很多，除了温度之外，还有湿度、光照、寄主植物等，今后将进一步的研究，以便更系统、全面地了解环境因素对扶桑绵粉蚧的影响机制。

参考文献（References）

Aheer GM, Shah Z, Saeed M, 2009. Seasonal history and biology of cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley. *Journal of Agriculture Research*, 47(4): 423 – 431.

Chen HY, Cao RX, Xu ZF, 2010. First record of *Aenasius bambawalei* Hayat (Hymenoptera: Encyrtidae), a parasitoid of the mealybug *Phenacoccus solenopsis Tinsley* (Hemiptera: Pseudococcidae) from China. *Journal of Environmental Entomology*, 32(2): 280 – 282. [陈华燕，曹润欣，许再福，2010. 扶桑绵粉蚧寄生蜂优势种 *Aenasius bambawalei* Hayat 记述. 环境昆虫学报，32(2): 280 – 282]

Cockerell TDA, 1902. Two new mealy-bugs from New Mexico. *The Canadian Entomologist*, 34(2): 315 – 316.

Fand BB, Gautam RD, Chander S, Suroshe SS, 2010. Life table analysis of the mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) under laboratory conditions. *Journal of Entomological Research*, 34(2): 175 – 179.

Feng K, 1978. Methods of Numerical Calculation. National Defence Industry Press, Beijing. 154 – 160. [冯康，1978. 数值计算方法. 北京：国防工业出版社. 154 – 160]

Guan X, Lu YY, Zeng L, Wang L, 2009. Supercooling points and freezing points of mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley. *Journal of Environmental Entomology*, 31(4): 381 – 384. [关鑫，陆永跃，曾玲，王琳，2009. 扶桑绵粉蚧的过冷却点和体液结冰点测定. 环境昆虫学报，31(4): 381 – 384]

He YX, Yang XJ, Wang MM, Weng QY, 2005. Developmental threshold temperature and effective thermal summation of *Liriomyza huidobrenisis*. *Entomological Journal of East China*, 14(3): 281 – 283. [何玉仙，杨秀娟，王茂明，翁启勇，2005. 南美斑潜蝇的发育起点温度和有效积温. 华东昆虫学报，14(3): 281 – 283]

Hodgson C, Abbas G, Arief MJ, Saeed S, Karar H, 2008. *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Sternorrhyncha: Coccoidea: Pseudococcidae), an invasive mealybug damaging cotton in Pakistan and India, with a discussion on seasonal morphological variation. *Zootaxa*, 1913: 1 – 35.

Huang F, Zhang PJ, Zhang JM, Zhu YY, Lü YB, Zhang ZJ, 2011. Effects of three host plants on the development and reproduction of *Phenacoccus solenopsis*. *Plant Protection*, 37(4): 58 – 62. [黄芳，张蓬军，章金明，朱艺勇，吕要斌，张治军，2011. 三种寄主植物对扶桑绵粉蚧发育和繁殖的影响. 植物保护，37(4): 58 – 62]

Huang L, Liu H, Ou GC, Xiao TG, Zhou SW, 2011. Preliminary studies on biology of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, a cotton pest. *Crop Research*, 25(3): 245 – 248. [黄玲，刘慧，欧高财，肖铁光，周社文，2011. 扶桑绵粉蚧部分生物学特性研究. 作物研究，25(3): 245 – 248]

Koaztarab M, 1996. Scale Insects of Northeastern North American, Identification, Biology, and Distribution. Special Publication No. 3. Virginia Museum of Natural History, Martinsville, VA. 660 pp.

Li DM, Wang MM, 1986. Study on the fast estimate methods of the development zero and effective temperature. *Entomological Knowledge*, 23(4): 184 – 187. [李典谟，王莽莽，1986. 快速估计发育起点及有效积温法的研究. 昆虫知识，23(4): 184 – 187]

Ma J, Hu XN, Liu HJ, Liang F, Zhao JP, Feng LX, Chen NZ, 2009. *Phenacoccus solenopsis* Tinsley was discovered on the China rose in Guangzhou. *Plant Quarantine*, 23(2): 35 – 36. [马骏，胡学难 刘海军 梁帆，赵菊鹏，冯黎霞，陈乃中，2009. 广州扶桑上发现扶桑绵粉蚧. 植物检疫，23(2): 35 – 36]

Men XY, Yu Y, Zhang AS, Li LL, Zhang JT, Ge F, 2008. Life table of the laboratory population of *Lygus lucorum* Meyer-Dur (Hemiptera: Miridae) at different temperatures. *Acta Entomologica Sinica*, 51(11): 1216 – 1219. [门兴元，于毅，张安盛，李丽莉，张君亭，戈峰，2008. 不同温度下绿盲蝽实验种群生命表研究. 昆虫学报，51(11): 1216 – 1219]

Tang QY, Feng MG, 2007. DPS Data Processing System – Experimental Design, Statistical Analysis and Data Mining. Science Press, Beijing. [唐启义，冯明光，2007. DPS 数据处理系统：实验设计、统计分析及数据挖掘. 北京：科学出版社]

Tinsley JD, 1898. An ants'-nest coccid from New Mexico. *The Canadian Entomologist*, 30(2): 47 – 48.

Wang YP, Wu SA, Zhang RZ, 2009. Pest risk analysis of a new invasive pest, *Phenacoccus solenopsis*, to China. *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(1): 101 – 106. [王艳平，武三安，张润志，2009. 入侵害虫扶桑绵粉蚧在中国的风险分析. 昆虫知识，46(1): 101 – 106]

Wei T, Liu H, Ou GC, Xiao TG, Huang L, Chen CM, 2010.

Preliminary study on the behavioral research of *Phenacoccus solenopsis*. *Crop Research*, 24(4): 358 – 360. [魏婷, 刘慧, 欧高财, 肖铁光, 黄玲, 陈常铭, 2010. 扶桑绵粉蚧部分行为学的初步研究. 作物研究, 24(4): 358 – 360]

Williams DJ, 2004. Mealybugs of Southern Asia. Southdene Sdn, Bhd, Kuala Lumpur, Malaysia. 896 pp.

Williams DJ, Granara de Willink, Christina M, 1992. Mealybugs of central and South America. CAB International Institute of Entomology, Wallingford, Oxon, UK. 635 pp.

Wu KJ, Gong PY, Ruan YM, 2009. Estimating developmental rates of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) pupae at constant and alternating temperatures by nonlinear models. *Acta Entomologica Sinica*, 52(6): 640 – 650. [吴坤君, 龚佩瑜, 阮永明, 2009. 用非线性模型估测恒温和变温下棉铃虫蛹的发育率. 昆虫学报, 52(6): 640 – 650]

Wu SA, Zhang RZ, 2009. A new invasive pest, *Phenacoccus solenopsis*, threatening seriously to cotton production. *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(1): 159 – 162. [武三安, 张润志, 2009. 威胁棉花生产的外来入侵新害虫——扶桑绵粉蚧. 昆虫知识, 46(1): 159 – 162]

Xu W, Fu HB, Long QH, Jiang LR, Zhao G, Zou XW, Han YC, 2009. The pest, *Phenacoccus solenopsis*, was discovered in Hainan Province. *Plant Quarantine*, 23(5): 33. [徐卫, 付海滨, 龙琼华, 蒋林蓉, 赵刚, 邹细万, 韩玉春, 2009. 海南省发现有害生物——扶桑绵粉蚧. 植物检疫, 23(5): 33]

Yang ZD, Tian XQ, Zhao BG, 2006. Threshold and effective accumulative temperature for the development of *Plagiodera versicolora*. *Journal of Beijing Forestry University*, 28(2): 139 – 141. [杨振德, 田小青, 赵博光, 2006. 柳蓝叶甲发育起点温度与有效积温的研究. 北京林业大学学报, 28(2): 139 – 141]

Zhang XX, 2002. Insect Ecology and Forecast. 3rd ed. China Agriculture Press, Beijing. 77 – 83. [张孝羲, 2002. 昆虫生态及预测预报. 第3版. 北京: 中国农业出版社. 77 – 83]

Zhou W, Lin YB, Xu FX, Yan T, Wang XH, Liang XH, Shi ZH, 2010. Investigation of distribution and damage of *Phenacoccus solenopsis* in Zhejiang Province. *Chinese Bulletin of Entomology*, 47(6): 1231 – 1235. [周湾, 林云彪, 许凤仙, 严铁, 王秀华, 梁仙和, 施祖华, 2010. 浙江省扶桑绵粉蚧分布危害调查. 昆虫知识, 47(6): 1231 – 1235]

Zhu YY, Huang F, Lü YB, 2011. Bionomics of mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) on cotton. *Acta Entomologica Sinica*, 54(2): 246 – 252. [朱艺勇, 黄芳, 吕要斌, 2011. 扶桑绵粉蚧生物学特性研究. 昆虫学报, 54(2): 246 – 252]

（责任编辑：袁德成）